

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力ファイバと、該入力ファイバから出射された光を平行ビームとする第1のレンズと、楔形複屈折板からなる偏光子と、45度偏光回転をおこなうファラデー回転子と、楔形複屈折板からなる検光子と、平行ビームを出力ファイバに集光させる第2のレンズと、出力ファイバとが、この順序で光軸上に設置され、前記ファラデー回転子の近傍に、該ファラデー回転子を双方向に磁化させる電磁石が配置されている、

前記偏光子と検光子とが同一の複屈折物質からなり、そのテーパー角が同一で且つテーパー方向が180度異なり、対向する面が互いに平行で、各光学軸は平行で且つ光軸から見て45度をなして配置されている光スイッチであって、

前記第1のレンズと第2のレンズとの間の上記の光学部品間の光軸上に複屈折平行平板からなる補償板が挿入され、該補償板は、その光学軸と補償板に隣接する偏光子あるいは検光子の光学軸とは光軸から見て90度をなし、且つ楔形複屈折板通過後に生じる常光と異常光とのビームシフト量を一致させると共に伝播速度差による遅延を相殺するように光軸に対して傾けられ、補償板の光学軸がその平面に対して斜めに設計されていることを特徴とする光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、楔形複屈折板とファラデー回転子とを組み合わせた、電磁石でファラデー回転子に印加する磁界の方向を反転させることにより光の透過・遮断を制御する光スイッチに関するものである。更に詳しく述べると本発明は、複屈折平行平板からなる補償板を挿入することにより、楔形複屈折板で生じる常光と異常光とのビームシフト量を一致させるとともに、伝播速度差による遅延を相殺した偏光無依存の光スイッチに関するものである。この光スイッチは、例えば遠隔離、高速、大容量の光通信などの分野で有用である。

【0002】

【従来の技術】光通信システムや光学測定装置などにおいては、光の進行方向を空間的に切り換えるための光スイッチが必要である。偏光無依存性の1×1型光スイッチとしては、例えば特公平4-2934号に開示されているものがある。

【0003】この種の光スイッチは、例えば図6に示すような構成である。即ち、入力ファイバ10と、該入力ファイバ10から出射された光を平行ビームとする第1のレンズ12と、楔形複屈折板からなる偏光子14と、90度偏光回転をおこなうファラデー回転子15と、楔形複屈折板からなる検光子18と、平行ビームを出力ファイバ22に集光させる第2のレンズ20と、出力ファイバ22とがこの順序で光軸上に設置されている。またファラデー回転子15の近傍には、それを所定の向きに磁

2

化させる電磁石23が配置されている。前記偏光子14と検光子18とは、同一の複屈折物質からなり、そのテーパー角が同一で且つテーパー方向が180度異なり、対向する面が互いに平行で、各光学軸は平行で且つ光軸から見て45度をなすような関係にある。

【0004】偏光子14により常光oと異常光eが分離するが、無バイアス状態では(図6のA参照)、検光子18でそのままの偏光状態を保つため、常光oと異常光eは平行であり、第2のレンズ20によって出力ファイバ22に集光する。これがオン状態である。電磁石に電流を供給して磁界Hを印加した状態では(図6のB参照)、ファラデー回転子15により偏光面が90度回転するので、検光子18では常光oと異常光eが逆転し、常光oと異常光eは更に広がって進むため、第2のレンズ20があっても出力ファイバ22に集光させることができない。これがオフ状態である。このようにして、電磁石23によって光の透過・遮断をスイッチング制御できる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで複屈折板は、その光学軸に対して平行な振動方向をもつ偏光と垂直な振動方向をもつ偏光との間で屈折率差があり、常光oと異常光eとで屈折角が異なるために、順方向から光を入ると、偏波分散とビームシフトが生じる。負の一軸性結晶の場合、異常光の屈折率が常光の屈折率に比べて大きいので、図7に示すように、入力光に対してシフト量が大きく、伝播速度も遅い。そのため、2本の光線のビームシフト距離sと遅延δが大きく、レンズ系でファイバポリメーティングを行うときに、挿入損失に偏光依存性が起こる。

【0006】光アイソレータのようにファラデー回転子に永久磁石で磁界を印加できる場合には、永久磁石は小形にできるので、偏光子と検光子との間隔を狭くでき、常光と異常光とのビームシフト量は小さい。このようにシフト量の小さな2光線は、波面収差の小さなレンズを用いれば損失なくファイバに集光できる。しかし、光スイッチの場合は、スイッチングさせるために図8に示すように電磁石24を使用する必要があり、起電力を効率よく利用するために、ギャップgを小さくし、ファラデー回転子15のみを挿入するようにしている。そのため、偏光子14と検光子18はヨーク25の外に配置されることになり、偏光子14と検光子18の間隔Lはかなり長くなる(具体的には、 $L=10\text{mm程度}$)。な符号27はコイルを示す。このため、常光と異常光とのビームシフト距離sは大きくなり、汎用レンズでは収差等の影響で損失なしにファイバに集光することができず、常光と異常光の集光比率が偏光依存性として現れる。

【0007】またファラデー回転子には、磁界が印加されていない状態(上記の例では無バイアスのオン状態)では消光比が劣化し、挿入損失あるいは遮断特性が劣化す

3

る問題もある。

【0008】本発明の目的は、偏波分散と挿入損失の偏波依存性を抑制し、挿入損失及び遮断特性を改善した光スイッチを提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、入力ファイバと、該入力ファイバから出射された光を平行ビームとする第1のレンズと、楔形複屈折板からなる偏光子と、45度偏光回転をおこすファラデー回転子と、楔形複屈折板からなる検光子と、平行ビームを出力ファイバに集光させる第2のレンズと、出力ファイバとが、この順序で光軸上に設置され、前記ファラデー回転子の近傍に、該ファラデー回転子を双方向に磁化させる電磁石が配置されていて、前記偏光子と検光子とが同一の複屈折物質からなり、そのテーパー角が同一で且つテーパー方向が180度異なり、対向する面が互いに平行で、各光学軸は平行で且つ光軸から見て45度をなして配置されている光スイッチである。そして本発明の特徴は、前記第1のレンズと第2のレンズとの間の上記の光学部品間の光軸上に複屈折平行平板からなる補償板が挿入され、該補償板は、その光学軸と補償板に隣接する偏光子あるいは検光子の光学軸とは光軸から見て90度をなし、且つ楔形複屈折板通過後に生じる常光と異常光とのビームシフト量を一致させると共に伝播速度の差による遅延を相殺するように光軸に対して傾けられ、補償板の光学軸がその平面に対して斜めに設計されている点である。

【0010】

【作用】光スイッチとしての動作は、原理的には補償板無しで実現でき、従来のものと同様である。電磁石に順バイアスを印加したオン状態では、常光と異常光とは検光子を出る時に拡がるようになり、レンズによって出力ファイバに向かって結合する方向に出射するが、電磁石に逆バイアスを印加したオフ状態では、常光と異常光とは検光子を出る時に拡がるようになり、出力ファイバには結合しない。本発明で挿入した補償板は、その光学軸の向きと傾きを調整することで、順バイアス時に常光と異常光の光路を変えて1本の光線に変換させるためのシフト量補償板として機能し、同時に分散補正の機能も果たす。これによって偏波分散と挿入損失の偏波依存性が改善される。

【0011】

【実施例】図1は本発明に係る光スイッチの一実施例を示す全体構成図である。この光スイッチは、入力ファイバ10と、該入力ファイバ10から出射された光を平行ビームとする第1のレンズ12と、楔形複屈折板からなる偏光子14と、45度偏光回転をおこすファラデー回転子16と、楔形複屈折板からなる検光子18と、平行ビームを出力ファイバ22に集光させる第2のレンズ20と、出力ファイバ22とがこの順序で光軸上に設置され、前記ファラデー回転子16の近傍に、該ファラデー

4

回転子16を双方向に磁化させる電磁石24が配置されている。前記偏光子14と検光子18とは同一の複屈折物質からなり、そのテーパー角が同一で且つテーパー方向が180度異なり、対向する面が互いに平行で、各光学軸は平行で且つ光軸から見て45度をなして配置されている。

【0012】ここで本発明の特徴は、前記第1のレンズ12と第2のレンズ20との間の上記の光学部品間の光軸上に複屈折平行平板からなる補償板30が挿入されている点である。この補償板30は、その光学軸と補償板に隣接する偏光子あるいは検光子の光学軸とは光軸から見て90度をなし、且つ検光子通過後に生じる常光と異常光とのビームシフト量を一致させると共に伝播速度差による遅延を相殺するように、光軸に対して傾けられ、補償板の光学軸がその平面に対して斜めに設計されている。この実施例では、補償板30は、検光子18の後段、即ち検光子18と第2のレンズ20との間に挿入されている。

【0013】電磁石24は、ほぼC型平板状のヨーク26と、該ヨーク26に巻線したコイル28とからなり、ヨーク26のギャップgに、ギャップ長の方向に対して垂直にファラデー回転子16を挿入した構成である。ファラデー回転子16は、その一部がギャップから外側へはみ出す大きさとなっており、光軸に対して傾けられ、補償板の光学軸がその平面に対して斜めに設計されている点である。

【0014】動作状態の概略を図2に示す。電磁石24に順バイアスの磁界 H_0 を印加したオン状態では、図2のAに示すように、異常光eは常光oより屈折率が大きく、また電磁石を用いる関係で偏光子14と検光子18との間隔が広いと、検光子18を通過した時点で異常光eと常光oとのビームシフト距離sは大きい。また異常光eと常光oとは伝播速度に差があるため常光oに対して異常光eは遅延する(遅延量δ)。

この点に従来同様である。本発明では、補償板30が挿入されており、この補償板30によって異常光eは常光oに、また常光oは異常光eに変換され、異常光eの屈折率が大きいとビームシフト量が大きく、伝播速度が遅いため、補償板30から出射する時に、両方の光線がビームシフト量を一致させ、遅延を零にすることができる。そして補償板30からは1本の光線となって出射する。逆に言うと、このようになるように、補償板30を光軸上に配置する際の傾き、光学軸の角度などが決定されているので

ある。

【0015】電磁石24に逆バイアスの磁界を印加したオフ状態では、図2のBに示すように、偏光子14での常光oは検光子18では異常光e、補償板30では常光oに変換され、偏光子14での異常光eは検光子18では常光o、補償板30では異常光eに変換され、補償板30を通過した後、常光oと異常光eの2本の光線は平行とならず、第2のレンズで出力ファイバに集光させることはできない。

【0016】本発明に係る補償板30は、上記のように光軸に対して傾けて配置し光路を変化させて、常光oと異常光eとのビームシフト量を一致させる（ビームシフト距離を零にする）と共に、伝播速度差に起因する遅延も零になるように調整している。なお、光アイソレータでも補償板を設ける例はあるが、その場合は、単に伝播速度差に起因する遅延を小さくするように、即ち偏波分散を補正するためだけに利用されているにすぎない。

【0017】次に、実際の設計例について述べる。図3及び図4に示すように各光学部品を配置する。各光学部品の向き及び光学軸の方向は、それぞれ図示の通りである。偏光子14と検光子18に用いる楔形複屈折板はルチル単結晶からなり、中心厚0.48mm、4度テーパ、屈折率 $n_x = 2.543$, $n_z = 2.709$ である。また偏光子14と検光子18の間隔Lは1.0mmである。ファラデー回転子16はビスマス置換鉄ガネット単結晶であり、厚さ0.536mm、屈折率2.38である。電磁石24は、半硬質磁性材料からなるC型状のヨーク26にコイル28を巻装したものであり、ギャップ中央にファラデー回転子16を挿入してある。複屈折平行平板からなる補償板30もルチル単結晶であり、検光子18の

の後に光軸に対して14.8度傾けて配置し、その光学軸は平面内から4.4度傾いている。この補償板30の厚みは1.769mmである。

【0018】この光スイッチについて光線追跡を行った結果を図5に示す。順バイアス磁界（オン状態）では、図5のAに示すように、検光子18を通過した後、常光oと異常光eとのビームシフト距離は179μmであり、異常光eが0.71ps遅延している。しかし補償板30を通過後は、ビームシフト距離及び遅延は共に零となる。逆バイアス磁界（オフ状態）では、検光子18を通過した時点で、常光oと異常光eとの開き角は2.05度であり、補償板30を通過した後、そのまま2.05度で開くのでレンズがあっても出力ファイバに

は集光しない。

【0019】上記の実施例では、補償板を検光子18の後に配置しているが、本発明はその構成に限らず、第1のレンズと第2のレンズとの間であれば、どの光学部品間に挿入してもよい。

【0020】

【発明の効果】本発明は上記のように、第1のレンズと第2のレンズとの間の光学部品間に、複屈折平行平板からなる補償板を光軸に対して所定の角度傾けて配置すると共にその光学軸の向きと傾きを適切な値となるように設定したことにより、オン状態の時に、常光と異常光の光路を変えて1本の光線に変換させ、同時に遅延を相殺することができる。そのため偏波分散と挿入損失の偏波依存性を抑制できる。またファラデー回転子は無磁化の状態で消光比が劣化し、挿入損失あるいは遮断特性が劣化するが、本発明ではオン状態とオフ状態ともに磁界を印加しているので、挿入損失及び遮断特性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光スイッチの一実施例を示す説明図。

【図2】その動作説明図。

【図3】試作した光スイッチの主要光学部品の配置を示す斜視図。

【図4】試作した光スイッチの主要光学部品の配置を示す平面図。

【図5】その光線追跡線図。

【図6】従来技術の一例を示す説明図。

【図7】主要光学部品でのビームシフト距離と遅延の説明図。

【図8】電磁石と主要光学部品との配置関係の説明図。

【符号の説明】

10 入力ファイバ

12 第1のレンズ

14 偏光子

15, 16 ファラデー回転子

18 検光子

20 第2のレンズ

22 出力ファイバ

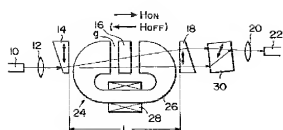
23, 24 電磁石

25, 26 ヨーク

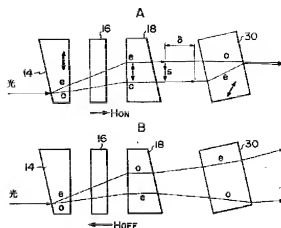
27, 28 コイル

30 補償板

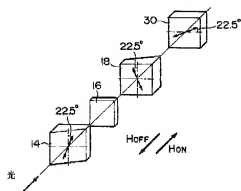
【図1】



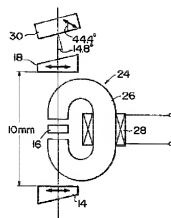
【図2】



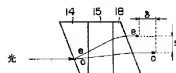
【図3】



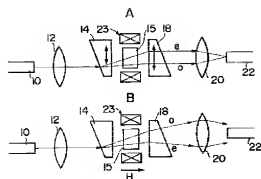
【図4】



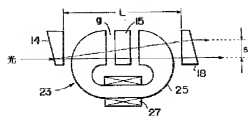
【図7】



【図6】



【図8】



【図5】

